

Auf den richtigen Abstand KOMMT ES AN

Die BMW Group treibt die Digitalisierung voran. Neben dem Haupttreiber künftiger Mobilität „Automated, Connected, Electrified und Services“ („ACES“) digitalisiert der Automobilhersteller auch die Produktentwicklung immer weiter. Dies zeigt sich nicht nur in klassischen Projekten zur kontinuierlichen Verbesserung, sondern besonders in Innovationsprojekten, welche bestehende Herausforderungen lösen oder neue Ideen umsetzen sollen. > von Hermann Gaigl und Dr. Daniel Zielinski

Gerade beim Übergang von der Entwicklung in die Produktion gibt es immer noch viele Vorgänge, die mit Hilfe von physikalischen Prototypen abgesichert werden. Das Methodenteam bei der BMW Group unter Leitung von Dr. Zielinski war davon überzeugt, dass der komplexe Prozess der Absicherung von Fuge und Versatz digitalisierbar ist und somit kundenrelevante Eigenschaften des Endprodukts deutlich früher bewertet und beeinflusst werden können.

Bei der Montage eines Fahrzeuges werden viele Einzelteile zu einem Gesamtprodukt integriert. Es beginnt bei der Rohkarosserie, an die Teile und Baugruppen angebaut werden. Stück für Stück entsteht so ein Gesamtprodukt aus über 10.000 Einzelteilen. Überall dort, wo zwei oder mehr Teile aufeinandertreffen, entstehen Fugen beziehungsweise Spalten – je nachdem, ob der Übergang zwischen den Teilen aus einer Eigenschaft oder Funktion resultiert. Diese Übergänge stellen ein relevantes optisches Qualitätsmerkmal eines Fahrzeuges dar. Einerseits möchte man die Fugen so klein wie möglich halten, um ein hochwertiges Erscheinungsbild zu gewährleisten. Andererseits braucht man den Abstand für die Bauteilfunktionen, wie zum Beispiel das Öffnen von Türen und Klappen. Ist die Fuge zu klein, kann die Funktion der Teile beeinträchtigt werden oder Schäden an den Bauteilen auftreten.

Toleranzen in der Fertigung berücksichtigen

Solange wir uns in der virtuellen Welt befinden, haben alle Bauteile exakt die Maße, die in der Konstruktion festgelegt werden.



Die BMW Group hat den Prozess der Absicherung von Fuge und Versatz mithilfe von invenio Virtual Technologies digitalisiert.

Bilder: invenio Virtual Technologies

Sobald man aber in die physische Welt geht, muss man Fertigungs- und Montagetoleranzen einkalkulieren. Physische Bauteile sind nie 100 Prozent identisch. Die einzelnen Maße streuen je nach Fertigungsverfahren und Material. Diese Abweichungen kann das menschliche Auge für sich genommen nicht erfassen, doch die Summe aller Toleranzen kann große Auswirkungen haben. Wenn mehrere Bauteile aneinandergesetzt werden, summieren sich diese Toleranzen auf. Bauteile am Ende der Kette können so um einige Millimeter versetzt positioniert sein. Für den Betrachter erscheint das Design dann nicht mehr stimmig, wodurch der Qualitätseindruck leidet.

Daher ist es eine Kunst, Bauteile und Fugen so aufeinander abzustimmen, dass Design und Funktion des finalen Produk-

tes perfekt zusammenspielen. Dieser Prozess erfordert große Erfahrung und wurde über viele Jahre perfektioniert. Nichts wird dem Zufall überlassen. Bereits in der Entwicklung der einzelnen Bauteile werden Materialien und Fertigungsverfahren einbezogen und die Fertigungstoleranzen berücksichtigt. In einer Toleranzanalyse werden Toleranzketten gebildet, um somit exakt zu berechnen, wie groß die Abweichungen eines Bauteils um seine Nominallage sein werden.

Zeitintensiver Prozess der Qualitätssicherung

Mithilfe einer 3D-Toleranzsimulation lassen sich zwar die resultierenden Abweichungen von den Sollwerten der Fugen ermitteln, es lässt sich aber keine Aussage über die Qualitätsanmutung machen. Um

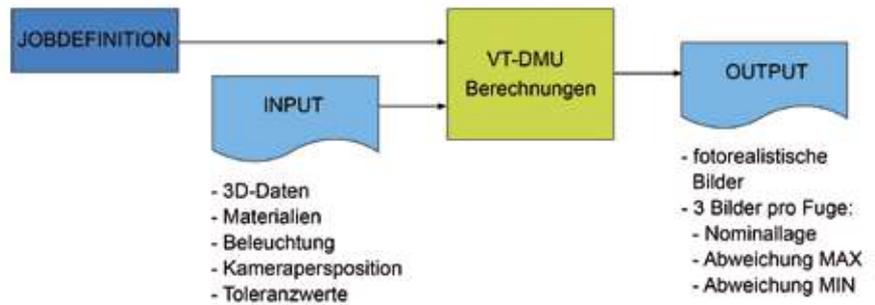
die Fugenqualität vollständig abzusichern, werden physische Prototypen aufgebaut und die Fugen manuell eingestellt. Dies ist ein zeit- und kostenintensiver Prozess, aber bis zu diesem Zeitpunkt die einzige Möglichkeit, die Qualität zu beurteilen und sicherzustellen.

Die Variantenvielfalt steigt immer weiter an, sodass zur Absicherung des Prozesses eigentlich noch mehr Prototypen benötigt werden. Aufgrund des Termin- und Kostendrucks müssen diese aber immer weiter reduziert werden, Qualitätseinbußen darf es dadurch nicht geben.

Automatisierte Erstellung der virtuellen Fahrzeuge

Die BMW Group setzt auf Digitalisierung und genau hier setzte auch das Team von Dr. Zielinski frühzeitig an. Die BMW Group und invenio Virtual Technologies kooperieren bereits seit vielen Jahren. Die Softwaremodule VT-DMU von invenio werden bei der BMW Group in zahlreichen Prozessen zur Automatisierung und Absicherung der virtuellen Fahrzeuge eingesetzt. Jetzt sollte VT-DMU auch die Werkzeuge für den individuellen Prozess der Fugenabsicherung liefern. Das gemeinsame Projekt wurde im Rahmen einer Promotion von Experten der BMW Group und invenio durchgeführt.

Ziel war es, eine zu 100 Prozent digitale Fugenabsicherung in der virtuellen Welt zu ermöglichen. Aus den 3D-Konstruktionsdaten sollten fotorealistische Grafiken mit



Der neu gestaltete Bilderstellungsprozess durchläuft mehrere Phasen.

physikalisch korrekten Materialien erstellt werden. Im ersten Schritt sollte anhand von fotorealistischen Grafiken belegt werden, dass der physikalische Prozess in die digitale Welt überführbar ist. Im zweiten Schritt sollte eine Möglichkeit gefunden werden, die Grafikerstellung zu automatisieren. Hier lag die Zielsetzung in der tagesaktuellen Verfügbarkeit fotorealistischer Bilder, für alle Fahrzeugvarianten und Fugenansichten. Es sollte kein manueller Prozess sein, der nur von Visualisierungsexperten durchgeführt werden kann. Ein automatischer Prozess sollte die Anwender, die ihren Fokus in der Montageabsicherung haben, mit aussagefähigen Grafiken versorgen.

Spezielle Anforderungen an die Grafiken

In Workshops haben Anwender mit Experten aus den Bereichen Visualisierung und IT den Prozess diskutiert und Anforderun-

gen an die Grafiken aufgenommen – die Liste der Anforderungen war lang. Als Diskussionsbasis dienten fotorealistische Grafiken, die die invenio-Visualisierungsexperten manuell erstellten. Es wurde getestet, wie sich unterschiedliche Ansichten, Materialien und Beleuchtungen auf die Aussagekraft der Grafiken auswirken. Es musste sichergestellt werden, dass genau die Merkmale, die in der Realität auftreten, auch in der digitalen Welt abgesichert sind.

Der Visualisierungsexperte Jörg Bauersfeld von invenio weiß, dass Materialien einen großen Einfluss darauf haben, wie eine Fuge wirkt. Während schwarzer Kunststoff eine Fuge eher unauffällig erscheinen lässt, zieht Chrom den Blick an. Verstärkt wird der Effekt, weil Chrom besonders stark reflektiert und damit zusätzliches Licht in die Fuge bringt. Neben der geringeren Ästhetik der Fuge kann es ab einer bestimmten Fugenbreite dazu führen, dass dahinterlie-



Gegenüberstellung der Wirkung von Reflexionen: Links gleiches Material, rechts verschiedene Umgebungen.

gende Bauteile sichtbar werden und somit das Erscheinungsbild stören.

Auch die Art der Beleuchtung hat einen großen Einfluss auf den Entscheidungsprozess. Es wurden unterschiedliche Beleuchtungsszenarien gegenübergestellt. Von den Lichtverhältnissen in der Halle mit den typischen Leuchtstoffröhren, die sich im Lack spiegeln, bis zu den Lichtverhältnissen im Freien, mit den Reflektionen von Wolken, Bäumen und Gebäuden. Für jede Fuge wurde festgelegt, welche Bauteile, von welchem Blickwinkel aus abgebildet werden müssen. Allein für das Exterieur wurden auf diese Weise über 30 Ansichten definiert. Mal liegt der Schwerpunkt auf dem Gesamtfahrzeug, mal auf dem Detail. Es wurde untersucht, wo typischerweise ein Betrachter steht und in welcher Höhe sich seine Augen befinden. Genau dort wurden Kameras positioniert, welche die Grafiken berechnen.

Für jede Fuge sollten drei fotorealistische Bilder entstehen. In einem Bild befinden sich alle Bauteile in Konstruktionslage (Nominallage). In den anderen beiden Bildern werden die Extremlagen, also die kleinste und größte Fuge, abgebildet. Ziel war es, in den drei fotorealistischen Bildern alle Informationen festzuhalten, die für eine realistische Beurteilung – entsprechend den BMW-Group-Qualitätsanforderungen – erforderlich sind.

Automatisierter Prozess zur Erstellung der Grafiken

Das Ergebnis der ersten Projektphase war beeindruckend. Die Anwender konnten die Fugen allein auf Basis der Grafiken beurteilen. Selbst skeptische Anwender, die sich nicht vorstellen konnten, ein Bild anstatt eines Bauteiles in der Hand zu halten, konnten überzeugt werden. Die Herausforderung lag jetzt darin, den Prozess zur Erstellung der Grafiken zu automatisieren. Der Input hierfür kommt von den 3D-Entwicklungsdaten, die Toleranzwerte, Bauteilmaterialien aus einer eigens dafür geschaffenen Materialdatenbank und die festgelegten Definitionen der Kamerapositionen und Beleuchtungen enthalten. Alle Informationen zusammen definieren den Berechnungsjob für die automatische Bilderstellung. Im ersten Prozessschritt werden die 3D-Daten reduziert, was sich positiv auf die Rechenzeit und die benötigte Hardwareausstattung auswirkt. Im zweiten Schritt werden die 3D-Bauteile mit den Materialien, die die Konstrukteure festgelegt haben, verknüpft. Be-

vor die automatische Bilderstellung starten kann, werden die toleranzbehafteten Bauteile entsprechend der Toleranzberechnungen positioniert.

Mithilfe der VT-DMU-Module konnte dann ein vollständig automatisierter Prozess abgebildet werden. Dennoch war das Projektteam damit noch nicht am Ziel. Es gab nämlich keine Garantie, dass die Inputdaten zu 100 Prozent korrekt und vollständig sind. Aus diesem Grund reichte der automatische Prozess nicht aus und es musste eine Eingriffsmöglichkeit in den Prozess geschaffen werden. Auf Basis der webbasierten Schnittstelle von der VT-DMU wurde eine Oberfläche entwickelt, die den Anwender in den automatischen Renderprozess einbezieht.

Materialanpassung bei allen Fahrzeugvarianten

Der Anwender erhält eine Vorschau auf das fotorealistische Bild und sieht auf den ersten Blick, ob die Voraussetzungen passen. Stellt er beispielsweise fest, dass ein Bauteil keine Materialinformation hat, kann er in den laufenden Renderprozess eingreifen, eine Materialzuweisung vornehmen und anschließend den Prozess fortsetzen. Ist dieses Bauteil in mehreren Fahrzeugen verbaut, ist die Materialanpassung in allen Fahrzeugvarianten aktiv. Der Fokus lag auf einer einfachen Bedienung, ganz ohne Expertenkenntnisse im Bereich der Visualisierung. Die Einstellmöglichkeiten für die Beleuchtung, die Definition von Materialien und mehr sollten ausschließlich von Experten durchgeführt werden.

In dem gemeinsamen Projekt konnte nachgewiesen werden, dass der komplexe Prozess der Fugenbeurteilung von der physischen in die digitale Welt überführt und automatisiert werden kann. Darüber hinaus wurde erkannt, dass weitere Einsatzmöglichkeiten für die Grafiken vorhanden sind. Angefangen beim Konstrukteur bis hin zum Verantwortlichen für Zubehörprodukte könnte die frühzeitige und einfache Erstellung realistischer Produktdarstellungen einen großen Nutzen bringen. Im nächsten Schritt kann nun erarbeitet werden, wie die leistungsfähige Grafikerstellung in die Breite Anwendung gebracht werden kann. **SG** ◀

Hermann Gaigl ist Geschäftsführer der invenio Virtual Technologies GmbH.
Dr. Daniel Zielinski ist Cluster-Verantwortlicher Smarte Produktintegration, BMW Group.

Print

oder

ePaper?



PROBEABO
FÜR BEIDES UNTER

[www.autocad-magazin.de/
abonnement/](http://www.autocad-magazin.de/abonnement/)

